

Олимпиада «Высшая проба» по физике

11 класс, 2022 год

1. Большой по площади водоём с плоским дном заполен водой глубины d . Далеко от его краёв находится вертикально расположенная труба, выходящая из дна. Верхний конец трубы запаян и находится вровень с водной поверхностью. Диаметр трубы мал по сравнению с её длиной. Через нижний конец трубы в неё подаётся насосом вода, которая вытекает из отверстий, сделанных на её боковой поверхности. Отверстия распределены таким образом, что вода из трубы вытекает во все стороны и по всей её длине с одинаковой интенсивностью. Полный расход жидкости (объём в единицу времени) равен Q .

1. На поверхность жидкости на расстоянии r от оси трубы упало лёгкое семечко тополя, после чего оно стало, оставаясь на поверхности, переноситься жидкостью вдоль прямой, проходящей через ось трубы. Найдите зависимость координаты этого семечка от времени.
2. Найдите слабое отклонение формы поверхности жидкости от горизонтальной плоскости.

Считайте, что течение жидкости постоянно во времени, влияние вязкости на распределение течения в пространстве пренебрежимо мало. Число Фруда, определяемое как максимальный угол наклона поверхности в радианах, мало, так что пункт 1) следует решать, приняв поверхность жидкости идеально плоской. Ускорение свободного падения равно g .

$$\frac{\tau^4}{1} \cdot \frac{\partial p}{\partial z} = p - \rho \left(\tau^2 \frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\rho u}{\partial t} \right) \Lambda = (g) \cdot (1)$$

2. Планета Железяка имеет идеально сферическую и идеально гладкую поверхность. Кроме того, вследствие процессов в ядре планеты, она может изменять свой радиус. При этом сферичность и гладкость поверхности сохраняются. По поверхности планеты могут двигаться без трения маленькие железные удлинённые шайбы, представляющие собой цилиндры с эллиптическим основанием, лежащие на торце. Между собой шайбы сталкиваются абсолютно упруго. Шайбы случайно раскиданы по поверхности планеты, среднее расстояние между шайбами велико по сравнению с их размерами, но мало по сравнению с радиусом планеты. Всего шайб N , масса одной шайбы m .

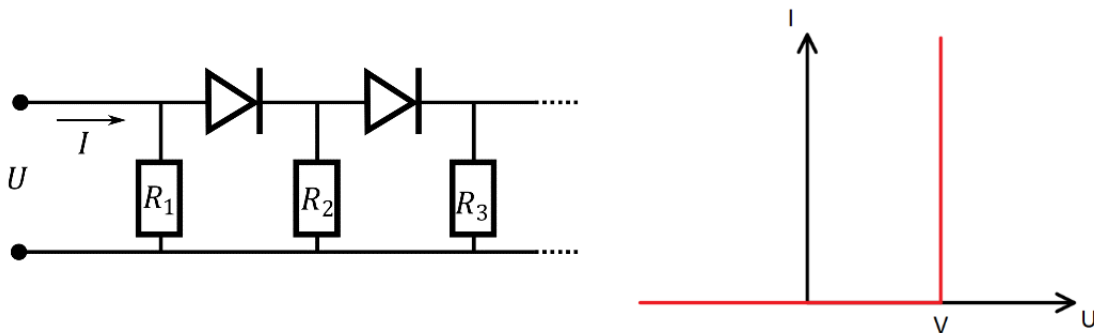
1. В начальный момент времени все шайбы покоились. Затем каждой шайбе сообщили поступательную случайно направленную вдоль поверхности скорость, по абсолютному значению равную v . Чему будет равна средняя кинетическая энергия поступательного движения брусков через большое время? В течении этого времени Железяка не изменяла свой радиус.
2. После этого Железяка медленно увеличила свой радиус в 8 раз. Во сколько раз изменилась средняя кинетическая энергия поступательного движения шайб к концу этой стадии расширения?
3. Затем Железяка быстро увеличила свой радиус в 2 раза. Во сколько раз изменилась средняя кинетическая энергия поступательного движения шайб к моменту окончания быстрой стадии расширения?

Большое время, медленность и быстрота процессов расширения определяются относительно среднего времени между столкновениями шайб. Ускорение свободного падения на поверхности

планеты всегда остаётся на столько сильным, что в процессе расширения планеты шайбы не отрываются от неё.

$$\frac{1}{4} = \frac{E_{\text{пост}}}{16R} \quad (3) \quad \frac{1}{16} = \frac{E_{\text{пост}}}{8R} \quad (2) \quad \frac{3}{2} N m v^2 = \frac{3}{2} N v^2 = \frac{3}{2} N v^2$$

3. Бесконечная линия состоит из идеальных диодов с напряжением открытия, равным V (вольт-амперная характеристика диода представлена на рисунке), а также резисторов с сопротивлением $R_n = R/n$, где n — номер звена линии, смотри рисунок. Найдите вольт-амперную характеристику всей цепи. Какой приближённой формулой её можно описать при больших напряжениях $U \gg V$?



$$\frac{1}{8} \frac{1}{L} = I : L \ll \Omega \text{ и др.} : \left(\left\lfloor \frac{A}{L} \right\rfloor \tau - \frac{A}{8L} \right) \left(\left\lfloor \frac{A}{L} \right\rfloor + \tau \right) \left(\left\lfloor \frac{A}{L} \right\rfloor + 1 \right) \frac{1}{L} = I$$

4. Для изготовления барабана Чебурашка использовал размеченную «в клеточку» посеребрённую тонкую кожу. Пока кожа была нерастянута, размер всех клеточек был $a = 10$ мм. Когда Чебурашка аккуратно натянул кожу на металлическое кольцо барабана радиуса $r = 20$ см, все клеточки остались квадратными, но их размеры увеличились до $a' = 11$ мм. При этом сила упругости в металле, действующая вдоль кольца вследствие сжатия, оказалась равной $T = 30$ Н. При испытании барабана давление в резонаторе барабана понизили на $\Delta p = 100$ Па по сравнению с атмосферным. На каком расстоянии h от барабана соберутся лучи, отраженные от мембраны, если осветить его плоским пучком, параллельным оси барабана?

$$n \sin^2 \theta = q$$

5. Для определения значения ускорения свободного падения g проводилось измерение параметров траектории движения круглого шара диаметром $R = 10$ см, который подбрасывался вертикально вверх на высоту около $H_0 = 6$ метров. Измерялось время T пролёта шара вверх до точки остановки и высота H , на которую шар поднялся за время T ; измерение величин H и T можно считать абсолютно точным.

Однако оказалось, что эксперименты с железным шаром и с резиновым мячиком в качестве шара того же размера дают немного отличающиеся значения константы g . Оцените погрешность измерения g для обоих экспериментов, возникающую вследствие сопротивления воздуха. **Указание:** на релевантных скоростях движения следует считать, что сила сопротивления воздуха пропорциональна квадрату скорости шара. Для справки, динамическая вязкость воздуха $\eta = 2 \cdot 10^{-5}$ Па · с.

$$\frac{1}{2} \rho v^2 \approx H b \frac{v \sin \theta}{d} \approx b \nabla$$